



**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **95401277.9**  
 (22) Date de dépôt : **01.06.95**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup> **H04J 14/02, H04Q 11/00**

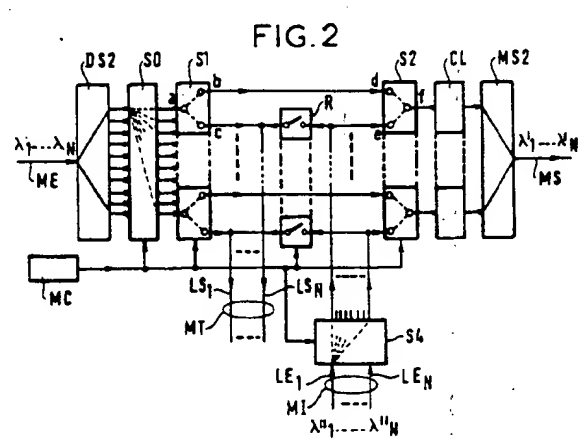
(30) Priorité : **07.06.94 FR 9406984**  
 (43) Date de publication de la demande :  
**13.12.95 Bulletin 95/50**  
 (84) Etats contractants désignés :  
**AT BE CH DE ES GB IT LI NL SE**  
 (71) Demandeur : **ALCATEL CIT**  
**12 Rue de la Baume**  
**F-75008 Paris (FR)**

(72) Inventeur : **Fevrier, Hervé**  
**12, Allée de Clairbourg**  
**F-91370 Verrières le Buisson (FR)**  
 Inventeur : **Perrier, Philippe**  
**9, rue Henri Rabourdin**  
**F-78140 Velizy-Villacoublay (FR)**  
 Inventeur : **Berthelon, Luc**  
**A 25, Résidence La Vallée**  
**F-91120 Palaiseau (FR)**  
 (74) Mandataire : **Sciaux, Edmond et al**  
**c/o SOSPI,**  
**14-16 rue de la Baume**  
**F-75008 Paris (FR)**

Best Available Copy

**(54) Multiplexeur spectral optique à insertion-extraction**

(57) Pour extraire un multiplex (MT) d'un multiplex entrant (ME) et pour insérer un multiplex (MI) à insérer dans un multiplex sortant (MS), il comporte :  
 — des moyens (DS2, S1, MC) pour séparer N porteuses optiques ( $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ ) et sélectionner parmi elles E porteuses dites extraites constituant le multiplex extrait (MT); et pour sélectionner T porteuses dites transmises;  
 — des moyens (S4) pour sélectionner I porteuses dites insérées, parmi N porteuses du multiplex à insérer (MI);  
 — des moyens de couplage et des moyens de conversion de longueurs d'onde (S2, CL, MC) pour attribuer des longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ ) aux signaux modulateurs les porteuses transmises et les porteuses à insérer.  
 Application notamment aux réseaux de transmission optique selon la hiérarchie numérique synchrone.



L'invention concerne un multiplexeur spectral à insertion-extraction, pour extraire un multiplex dit extrait et pour insérer un multiplex dit à insérer sur un multiplex optique comportant une pluralité de porteuses optiques multiplexées spectralement. Chaque porteuse optique est modulée par un signal modulant qui peut résulter d'un multiplexage temporel d'une pluralité de canaux. Un tel multiplexeur est utilisable notamment dans les réseaux de transmission optique selon la hiérarchie numérique synchrone.

L'article : "Arrayed-waveguide grating add-drop multiplexer with loop back-optical path" Electronic Letters 25 november 1993 vol 29 n°24 p 2133 décrit un multiplexeur spectral à insertion-extraction comportant un composant appelé réseau de guides d'ondes (arrayed-waveguide grating) qui est fonctionnellement équivalent à un démultiplexeur spectral comportant une entrée et N sorties, pour séparer N porteuses optiques ayant respectivement N longueurs d'onde distinctes; et à un multiplexeur spectral à N entrées et une sortie, pour multiplexer spectralement N porteuses optiques ayant N longueurs d'onde distinctes, respectivement égales aux précédentes.

La figure 1 représente le schéma synoptique du multiplexeur spectral à insertion-extraction réalisé au moyen de ce composant. Un multiplex entrant ME est appliqué à l'entrée d'un démultiplexeur DS1. Un multiplex sortant MS est fourni par la sortie d'un multiplexeur MS1. Les N sorties du démultiplexeur DS1 sont reliées à N segments de fibre optique, l'extrémité de chacun étant munie d'un connecteur, respectivement C1, ..., CN. Les N entrées du multiplexeur MS1 sont reliées respectivement à N segments de fibre optique, l'extrémité de chacun étant munie d'un connecteur, respectivement C'1, ..., C'N.

Ces connecteurs constituent un moyen pour sélectionner manuellement parmi les N sorties du démultiplexeur DS1, S sorties; et pour fournir au multiplexeur MS1 P porteuses optiques à insérer dans le multiplex sortant MS. Les porteuses à insérer ont respectivement P longueurs d'onde distinctes, choisies parmi les S longueurs d'onde correspondant aux S sorties sélectionnées; le nombre P des porteuses à insérer étant au plus égal au nombre S. Par exemple, en débranchant manuellement les connecteurs Ci et C'i, il est possible d'extraire une porteuse de longueur d'onde  $\lambda_i$ , celle-ci étant fournie par le connecteur Ci, et d'insérer une autre porteuse de longueur d'onde  $\lambda_i$ , modulée par d'autres données, en l'appliquant au connecteur C'i.

Pour transmettre les porteuses qui ne sont pas extraites, il suffit de laisser branchés ensemble les connecteurs correspondants. Par exemple, si la porteuse de longueur d'onde  $\lambda_1$  n'a pas à être extraite, il suffit de laisser branchés ensemble les connecteurs correspondants C1 et C'1.

Ce dispositif connu présente l'avantage d'être

très simple, mais il a un sérieux inconvénient : les longueurs d'onde du multiplex sortant MS, les longueurs d'onde correspondant aux S sorties sélectionnées, les longueurs d'onde des porteuses à insérer, et les longueurs d'onde du multiplex entrant ME, ne sont pas indépendantes. En effet :

- Les porteuses non extraites conservent chacune leurs longueurs d'onde respectives.
- Les porteuses insérées ont obligatoirement des longueurs d'onde respectivement identiques à celles correspondant aux S sorties sélectionnées, parce que le principe de fonctionnement d'un réseau de guides d'onde impose d'utiliser une longueur d'onde prédéterminée pour chacune des entrées de ce réseau.

Cet inconvénient est particulièrement gênant dans le cas de la réalisation d'un réseau de télécommunication à haut débit constitué de tronçons de fibre optique entre lesquels sont insérés des multiplexeurs à insertion-extraction. La protection d'un tel réseau contre les défaillances de ligne ou de multiplexeur, et l'adaptation du réseau aux variations du trafic, nécessitent de pouvoir reconfigurer rapidement ce réseau. Les possibilités de reconfiguration sont très limitées lorsqu'il n'est pas possible de redistribuer les longueurs d'onde aux signaux modulants pour modifier le routage de ces signaux, le routage étant fonction de la longueur d'onde portant chaque signal.

D'autre part, ce multiplexeur connu ne permet pas de diffuser des mêmes données vers plusieurs destinataires dans un réseau, car il ne permet pas de faire simultanément la transmission d'une porteuse vers le multiplex sortant et vers le multiplex extrait. Enfin, il ne permet pas de faire un rebouclage du multiplex à insérer vers le multiplex extrait, pour une ou plusieurs porteuses du multiplex à insérer.

Le but de l'invention est de proposer un multiplexeur à insertion-extraction qui ne présente pas les inconvénients de ce multiplexeur connu.

L'objet de l'invention est un multiplexeur spectral optique à insertion-extraction, pour extraire un multiplex dit extrait, d'un multiplex dit entrant, et pour insérer un multiplex dit à insérer dans un multiplex dit sortant, comportant :

- des moyens pour démultiplexer spectralement, susceptible de séparer N porteuses dans le multiplex entrant, ce multiplex entrant comportant au plus N porteuses;
  - des moyens pour multiplexer spectralement, susceptibles de multiplexer N porteuses et constituer ainsi un multiplex dit sortant;
  - des moyens pour coupler les moyens pour démultiplexer aux moyens pour multiplexer;
- caractérisé en ce que les moyens pour démultiplexer spectralement et les moyens pour coupler comportent :
- un diffuseur optique recevant le multiplex entrant (ME) et le restituant sur au moins N sor-

ties;

- au moins N filtres accordables couplés respectivement à N sorties du diffuseur pour sélectionner dans le multiplex entrant T porteuses dites transmises, le nombre T étant variable et au plus égal à N;
- des moyens pour sélectionner, parmi au plus N porteuses démultiplexées, E porteuses dites extraites et constituer le multiplex extrait, le nombre T étant variable et au plus égal à N;
- des moyens pour sélectionner, parmi des porteuses constituant le multiplex à insérer, I porteuses dites à insérer, le nombre I étant variable et au plus égal à N;
- des moyens pour fournir aux moyens pour multiplexer T nouvelles porteuses ayant respectivement T longueurs d'onde distinctes pouvant être choisies parmi N longueurs d'onde fixées, et étant modulées respectivement par des signaux modulant les T porteuses transmises;
- des moyens pour fournir aux moyens pour multiplexer I nouvelles porteuses optiques ayant respectivement I longueurs d'onde distinctes pouvant être choisies parmi les N longueurs d'onde fixées, et distinctes des T longueurs d'onde choisies pour les signaux modulant les T porteuses transmises; ces I nouvelles porteuses étant modulées par des signaux modulant les I porteuses à insérer.

Le multiplexeur ainsi caractérisé permet de choisir indépendamment les longueurs d'onde des porteuses du multiplex entrant et les longueurs d'onde du multiplex sortant, grâce aux moyens pour fournir T nouvelles porteuses; de choisir indépendamment les longueurs d'onde du multiplex à insérer et les longueurs d'onde du multiplex sortant, grâce aux moyens pour fournir I nouvelles porteuses; et de choisir indépendamment les longueurs d'onde du multiplex à insérer et les longueurs d'onde du multiplex entrant, grâce aux moyens pour fournir I nouvelles porteuses. Il présente donc l'avantage de permettre la reconfiguration d'un réseau sans aucune limitation.

Selon un mode de réalisation particulier, un multiplexeur selon la revendication 1, est caractérisé en ce que les moyens pour sélectionner E porteuses extraites et sélectionner T porteuses transmises comportent des moyens permettant d'aiguiller chacune des porteuses du multiplex entrant, à la fois vers le multiplex extrait et vers les moyens pour fournir T nouvelles porteuses optiques.

Le multiplexeur ainsi caractérisé permet de diffuser des mêmes données vers plusieurs destinataires puisque les moyens pour sélectionner E porteuses extraites et T porteuses transmises comportent des moyens permettant d'aiguiller une porteuse à la fois vers le multiplex extrait et vers les moyens pour fournir T porteuses aux moyens pour multiplexer.

Selon un mode de réalisation préférentiel, le multiplexeur selon l'invention est caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de commutation permettant de sélectionner toute porteuse du multiplex à insérer et de la transmettre audit multiplex sortant.

Le multiplexeur ainsi caractérisé présente l'avantage de permettre un rebouclage du multiplex à insérer vers le multiplex extrait, au moins pour certaines longueurs d'onde choisies pour router des communications locales qui n'ont pas à être acheminées par le multiplex sortant.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description ci-dessous et des figures l'accompagnant :

- la figure 1 représente le schéma fonctionnel du multiplexeur connu qui a été décrit précédemment;

- la figure 2 représente le schéma fonctionnel d'un multiplexeur selon l'invention;

- les figures 3, 4, 5 représentent respectivement les schémas synoptiques de trois exemples de réalisation du multiplexeur selon l'invention;

- la figure 6 représente le schéma fonctionnel d'un réseau en anneau comportant des multiplexeurs à insertion et extraction;

- la figure 7 représente le schéma synoptique de moyens à rajouter à un multiplexeur selon l'invention pour sécuriser un réseau en anneau tel que celui représenté sur la figure 6, et illustre la procédure de reconfiguration de cet anneau dans le cas d'une défaillance de liaison.

Comme représenté sur la figure 2, la structure fonctionnelle du multiplexeur selon l'invention comporte :

- des moyens de commande MC, recevant des instructions pour configurer le multiplexeur, par un procédé de signalisation classique;
- des moyens DS2 pour démultiplexer spectralement un multiplex optique dit entrant, ME; ces moyens comportant N sorties fournissant respectivement les N porteuses constituant le multiplex entrant ME, ces porteuses ayant respectivement des longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  qui sont distinctes;
- des moyens de commutation SO commandés par les moyens de commande MC, comportant N entrées reliées respectivement aux N sorties des moyens DS2, et comportant N sorties; chaque sortie n'étant connectée qu'à une seule entrée;
- des moyens de sélection S1 commandés par les moyens de commande MC et équivalents à N commutateurs ayant chacun une entrée a et deux sorties b et c, chaque entrée a étant reliée respectivement à une sortie des moyens de commutation SO; ces moyens S1 sélectionnant E porteuses dites extraites et T porteuses dites transmises, parmi les N porteuses démul-

- tiplexées par le démultiplexeur DS2 et transmises par les moyens de commutation SO; E et T pouvant chacun être au plus égal à N;
- N liaisons optiques,  $LS_1, \dots, LS_N$ , reliées respectivement aux N sorties c des moyens S1, et constituant un multiplex extrait MT; ces liaisons transportant les E porteuses extraites, celles-ci conservant leurs longueurs d'onde respectives, dont les valeurs sont parmi  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ ;
  - N liaisons optiques,  $LE_1, \dots, LE_N$ , pouvant recevoir chacune une porteuse dite à insérer, ces porteuses à insérer constituant un multiplex à insérer MI et ayant des longueurs d'onde quelconques, référencées  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ ;
  - des moyens de commutation S4 commandés par les moyens de commande MC, comportant N entrées reliées respectivement aux N liaisons optiques  $LE_1, \dots, LE_N$ , et comportant N sorties; ces moyens de commutation S4 établissant une connexion optique entre certaines de leurs entrées et certaines de leurs sorties, chaque sortie n'étant connectée qu'à une seule entrée mais chaque entrée pouvant être connectée à plusieurs sorties; ces moyens de commutation S4 permettant notamment de sélectionner l porteuses, dites à insérer, parmi les N porteuses reçues sur les liaisons  $LE_1, \dots, LE_N$  du multiplex à insérer MI;
  - des moyens de couplage S2 équivalents à N dispositifs de couplage commandés par les moyens de commande MC, et ayant chacun deux entrées, d et e, et une sortie f; chaque entrée d étant reliée à une sortie b des moyens S1, et chaque entrée e étant reliée respectivement à l'une des sorties des moyens de commutation S4; la sortie f de chaque dispositif de couplage fournissant soit une porteuse transmise, soit une porteuse à insérer;
  - des moyens de conversion CL comportant N entrées et N sorties; ces moyens CL permettant de convertir les longueurs d'onde respectives de N porteuses à N longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ , fixées; la longueur d'onde obtenue étant fonction seulement de l'entrée où est appliquée la porteuse; les N entrées étant reliées respectivement aux N sorties f des moyens de couplage S2; les N sorties des moyens CL étant susceptibles de fournir respectivement N porteuses ayant des longueurs d'onde distinctes  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ ; les porteuses effectivement fournies étant: T nouvelles porteuses modulées respectivement par les signaux modulant les T porteuses transmises, et l nouvelles porteuses respectivement modulées par les signaux modulant les l porteuses à insérer;
  - des moyens MS2, ayant N entrées reliées respectivement aux N sorties des moyens CL,

pour multiplexer spectralement N porteuses fournies par les moyens CL, et constituer ainsi un multiplex sortant MS;

- des moyens de commutation R équivalents à N interrupteurs, permettant de reboucler respectivement les liaisons  $LE_1, \dots, LE_N$  du multiplex à insérer MI sur les liaisons  $LS_1, \dots, LS_N$  du multiplex extrait MT, sous la commande des moyens de commande MC, chaque liaison pouvant être rebouclée indépendamment des autres.

Chaque commutateur des moyens S1 est commandé par les moyens de commande MC pour transmettre une porteuse appliquée à l'entrée a: soit vers la sortie b, soit vers la sortie c, soit vers les sorties b et c simultanément. Une porteuse du multiplex entrant ME peut donc être sélectionnée pour être:

- soit une porteuse extraite,
- soit une porteuse transmise,
- soit les deux à la fois.

Les moyens de commutation SO collaborent avec les moyens de conversion CL afin d'attribuer l'une des longueurs d'onde fixées  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$  à chacun des signaux modulant les porteuses transmises. Les moyens de commutation S4 collaborent avec les moyens de conversion CL afin d'attribuer l'une des longueurs d'onde fixées  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$  à chacun des signaux modulant portés par les porteuses à insérer. Toute longueur d'onde  $\lambda'_j$  prise parmi les longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$  est mise en correspondance soit avec une longueur d'onde  $\lambda_i$  prise parmi les longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ ; soit avec une longueur d'onde  $\lambda''_k$  prise parmi les longueurs d'onde  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ . Ainsi le signal modulant de toute porteuse du multiplex sortant MS peut être choisi parmi tous les signaux modulant les porteuses du multiplex entrant ME, ou parmi tous les signaux modulant les porteuses du multiplex à insérer MI.

Les moyens S2 sont commandés par les moyens de commande MC de façon à transmettre soit une porteuse transmise par les moyens S1, soit une porteuse transmise par les moyens S4. Il y a donc indépendance entre le choix des longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$  des porteuses à insérer, et le choix des longueurs  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  des porteuses entrantes.

La figure 3 représente le schéma synoptique d'un premier exemple de réalisation du multiplexeur selon l'invention. Cet exemple de réalisation comporte:

- des moyens de commande MC1 recevant des instructions de configuration du multiplexeur, par un procédé de signalisation classique;
- un diffuseur optique D1 ayant une entrée recevant le multiplex entrant ME, et N sorties;
- N filtres optiques accordables  $F_1T, \dots, F_NT$ , ayant chacun une entrée reliée respectivement à l'une des sorties du diffuseur D1, et une entrée de commande reliée aux moyens de commande MC1 par des liaisons non représen-

tées :

- N commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$ , chacun ayant deux entrées,  $g$  et  $h$ , et deux sorties  $k$  et  $j$ , chaque entrée  $g$  étant reliée respectivement à la sortie de l'un des filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$ ; et ayant une entrée de commande reliée aux moyens de commande MC1 par des liaisons non représentées;

- N régénérateurs constitués chacun d'un récepteur optique et d'un émetteur optique,  $RX_1^T-TX_1^T, \dots, RX_N^T-TX_N^T$ , chaque récepteur ayant une entrée reliée à une sortie  $k$  de l'une des commutateurs  $SW_1, \dots, SW_N$ , et ayant une sortie reliée à une entrée de l'émetteur optique correspondant;

- un combineur optique C1 ayant N entrées reliées chacune à une sortie de l'un des émetteurs optiques  $TX_1^T, \dots, TX_N^T$ , et ayant une sortie fournissant le multiplex sortant MS;

- N émetteurs optiques  $TX_1^I, \dots, TX_N^I$ , ayant chacun une entrée électrique pouvant recevoir un signal modulant et ayant une sortie fournissant respectivement une porteuse de longueur d'onde  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ , l'ensemble de ces N porteuses pouvant constituer un multiplex à insérer MI;

- un combineur-diffuseur CD1 ayant N entrées reliées respectivement aux N sorties des émetteurs  $TX_1^I, \dots, TX_N^I$ , et ayant N sorties;

- N filtres accordables  $F_1^I, \dots, F_N^I$  ayant chacun une entrée reliée à une sortie du combineur-diffuseur CD1; une entrée de commande reliée aux moyens de commande MC1 par une liaison non représentée; et une sortie reliée respectivement à une entrée  $h$  de l'un des commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$ ;

- N récepteurs optiques  $RX_1^I, \dots, RX_N^I$ , ayant chacun une entrée reliée respectivement à une sortie  $j$  de l'un des commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$ , cette sortie  $j$  étant susceptible de fournir l'une des porteuses optiques constituant le multiplex extrait MT; et ayant chacun une sortie électrique fournissant un signal qui est le signal modulant la porteuse optique reçue par l'entrée de ce récepteur.

Chacun des filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$ , est accordable sur l'une des longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ , des porteuses constituant le multiplex entrant ME. Chacun des filtres accordable  $F_1^I, \dots, F_N^I$  est accordable sur l'une des longueurs d'onde  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$  des porteuses constituant le multiplex à insérer MI. Les émetteurs  $TX_1^I, \dots, TX_N^I$ , émettent respectivement des longueurs d'onde  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$  qui sont fixes et qui peuvent être différentes des longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  et  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ . Les émetteurs  $TX_1^T, \dots, TX_N^T$  émettent des longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$  qui sont fixes et qui sont indépendantes des longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$ , et  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ .

Chacun des commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$  est commandable pour établir les connexions suivantes :

-  $g-k$  et  $h-j$  pour la transmission d'une porteuse du multiplex entrant ME vers le multiplex sortant MS;

- ou  $g-k$  et  $g-j$ , et  $h-k$  et  $h-j$ , pour la transmission vers le multiplex sortant MS, et l'extraction simultanée, d'une même porteuse vers le multiplex extrait MT; les filtres  $F_1^I, \dots, F_N^I$  étant commandés alors pour être accordés sur une longueur d'onde dite de repos, différente de  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ , pour n'appliquer aucun signal optique à l'entrée  $h$ ;

- ou  $g-j$  et  $h-k$  pour l'extraction d'une porteuse du multiplex d'entrée ME vers le multiplex extrait MT, et l'insertion simultanée d'une autre porteuse multiplex à insérer MI vers le multiplex sortant MS.

Les commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$  peuvent être constitués par des commutateurs du type PISW 15P fabriqués par la société CRYSTAL TECHNOLOGY (USA) ou du type PGS2010/5SS fabriqué par la société ERICSON (Suède).

D'autres types de commutateur optique peuvent bien entendu être utilisés, notamment des commutateurs dans lesquels les connexion optiques établies à partir des entrées  $g$  et  $h$  sont indépendantes.

Dans ce premier exemple de réalisation, les moyens DS2 pour démultiplexer les porteuses du multiplex entrant ME sont constitués par le diffuseur D1 et les N filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$ . Les moyens de commutation S4, pour attribuer une longueur d'onde choisie parmi les longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ , à chacun des signaux modulants portés par le multiplex à insérer MI sont constitués du combineur-diffuseur CD1 et des N filtres accordables  $F_1^I, \dots, F_N^I$ .

Les moyens de commutation SO, pour attribuer une longueur d'onde choisie parmi les longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ , à chacun des signaux modulants les porteuses transmises, sont constitués des filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$  car ils sélectionnent le régénérateur  $RX_1^T, \dots, RX_N^T$  qui convertira la longueur d'onde de chaque porteuse transmise. En outre, ces filtres sélectionnent la liaison  $LS_1, \dots, LS_N$  sur laquelle sortira chaque porteuse extraite.

Les moyens de sélection S1, pour sélectionner T porteuses transmises et E porteuses extraites, parmi les N porteuses du multiplex entrant ME, sont constitués par les commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$ . Ces derniers constituent en outre les commutateurs R permettant de reboucler sélectivement les liaisons  $LE_1, \dots, LE_N$  du multiplex à insérer MI sur les liaisons  $LS_1, \dots, LS_N$  du multiplex extrait MT. Enfin, ils constituent aussi les moyens de couplage S2. Ce sont des moyens de couplage actifs, puisqu'ils sont commandés par les moyens de commande MC1 pour achemi-

ner les porteuses transmises et les porteuses à insérer vers les moyens de conversion CL. Ces derniers sont constitués, dans ce premier exemple de réalisation, par les N régénérateurs  $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_N^T - TX_N^T$  qui sont communs pour les porteuses transmises et pour les porteuses insérées.

Considérons, par exemple, le cas où le signal modulant la porteuse de longueur d'onde  $\lambda_N$  dans le multiplex entrant ME doit moduler une nouvelle porteuse ayant une longueur d'onde  $\lambda'_1$  dans le multiplex sortant MS. La longueur d'onde  $\lambda'_1$  est fournie, dans cet exemple, par l'émetteur  $TX_1^T$ . Les moyens de commandes MC1 commandent le filtre  $F_1^T$  pour sélectionner la longueur d'onde  $\lambda_N$ , et ils commandent le commutateur  $SW_1$  pour établir la connexion g-k afin de transmettre la porteuse de longueur d'onde  $\lambda_N$  au récepteur  $RX_1^T$ . S'il faut en outre extraire le signal modulant la porteuse de longueur d'onde  $\lambda_N$  pour le fournir au multiplex extrait MT, les moyens de commande MC1 établissent en outre la connexion g-j. Les données sont disponibles alors sur la sortie du récepteur  $RX_1^E$  dans cet exemple.

Considérons maintenant le cas où le signal modulant une porteuse de longueur d'onde  $\lambda''_i$  sur la liaison  $LE_i$  dans le multiplex à insérer MI est à insérer dans le multiplex sortant MS sur une porteuse optique de longueur d'onde  $\lambda'_m$  par exemple. La longueur d'onde  $\lambda'_m$  est émise par un émetteur  $TX_m^T$ . Par conséquent, les moyens de commandes MC1 commandent un commutateur  $SW_m$  pour établir une connexion h-k et ils commandent un filtre  $F_m^T$ , dont la sortie est reliée à l'entrée h du commutateur  $SW_m$ , pour l'accorder sur la longueur d'onde  $\lambda''_i$  de la porteuse à insérer. Le choix de la longueur d'onde  $\lambda'_m$  dépend des disponibilités parmi les longueurs d'onde  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ . Le nombre I de porteuses insérées dans le multiplex sortant MS est toujours inférieur ou égal au nombre N-T. Le nombre T peut être supérieur à N-E parce que certaines porteuses peuvent être à la fois transmises et extraites.

Les commutateurs  $SW_1, \dots, SW_N$  permettent en outre de réaliser un rebouclage d'une porteuse quelconque du multiplex à insérer MI vers une porteuse quelconque du multiplex extrait MT. Supposons que le rebouclage doive être fait sur une liaison donnée. Le choix de cette liaison détermine le choix d'un commutateur parmi  $SW_1, \dots, SW_N$ . Il faut alors distinguer deux cas, selon que ce commutateur doive acheminer en outre une porteuse transmise ou une porteuse à insérer.

Si le commutateur  $SW_1$  établit la connexion g-k, il établit en outre systématiquement la connexion h-j. Pour reboucler une liaison quelconque  $LE_p$  du multiplex à insérer MI sur la liaison  $LS_1$ , par exemple, du multiplex extrait MT, les moyens de commande MC1 accordent le filtre  $F_1^T$ , dont la sortie est reliée à l'entrée h du commutateur  $SW_1$ , sur la longueur d'onde  $\lambda''_p$ . Par contre, dans le cas où ce rebouclage n'est

pas souhaité, ils doivent l'accorder sur une longueur d'onde, dite de repos, différente de  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ .

Si le commutateur  $SW_1$  établit la connexion h-k pour insérer une porteuse appliquée sur la liaison  $LE_i$ , par exemple, il peut en outre établir simultanément une connexion h-j pour reboucler la liaison  $LE_i$  sur la liaison  $LS_1$ . Dans ce cas, le choix de la liaison  $LS$  du multiplex extrait n'est pas libre, mais est lié au choix de la nouvelle longueur d'onde attribuée au signal modulant la porteuse à insérer.

Pour éviter toute collision entre un signal modulant une porteuse transmise et un signal modulant une porteuse à insérer, les moyens de commande MC1 commandent les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T, F_1^E, \dots, F_N^E$ , et les commutateurs  $SW_1, \dots, SW_N$ , de façon à interdire la transmission de deux porteuses simultanément vers un même régénérateur  $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_N^T - TX_N^T$ , ou vers un même récepteur  $RX_1^E, \dots, RX_N^E$ .

La figure 4 représente le schéma synoptique d'un deuxième exemple de réalisation du multiplexeur selon l'invention. Le multiplex entrant ME est appliqué à un diffuseur optique D2 qui possède 2N sorties. Les sorties numérotées 1 à N sont reliées respectivement aux entrées des N filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$ ; alors que les sorties numérotées N+1 à 2N sont reliées respectivement aux entrées de N filtres accordables supplémentaires  $F_1^E, \dots, F_N^E$ . Les sorties de ces derniers fournissent le multiplex extrait MT. Ces filtres sont commandés par des signaux fournis par des moyens de commandes MC2.

Dans ce deuxième exemple de réalisation les moyens de démultiplexage DS2 sont constitués : du diffuseur D2 et des N filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$ , pour sélectionner T porteuses transmises; et des N filtres accordables  $F_1^E, \dots, F_N^E$  pour sélectionner E porteuses extraites. Les moyens de commutation S0 sont constitués de ces mêmes filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  et  $F_1^E, \dots, F_N^E$ .

Les moyens de sélection S1 sont constitués des N filtres accordables  $F_1^E, \dots, F_N^E$  pour sélectionner E porteuses extraites, et des N filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$  pour sélectionner T porteuses transmises au multiplex sortant MS. Comme dans le premier exemple de réalisation, les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  établissent une correspondance entre les longueurs d'onde choisies parmi  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  de T porteuses transmises, et les longueurs d'onde choisies parmi  $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$  des T nouvelles porteuses, et permettent de reconfigurer cette correspondance.

Les moyens de couplage S2 sont constitués des filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$  et  $F_1^E, \dots, F_N^E$ , et de N coupleurs passifs  $CP_1, \dots, CP_N$ .

Les commutateurs optiques  $SW_1, \dots, SW_N$  sont supprimés et sont remplacés par les N coupleurs passifs  $CP_1, \dots, CP_N$  ayant chacun deux entrées et une sortie :

- une entrée est reliée à une sortie de l'un des

filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$ .

- l'autre entrée est reliée à une sortie de l'un des filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$  qui ont les mêmes fonctions que les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  dans le premier exemple de réalisation;
- et la sortie est reliée à une entrée de l'un des récepteurs  $RX_1^T, \dots, RX_N^T$  qui ont les mêmes fonctions que les récepteurs  $RX_1^T, \dots, RX_N^T$  du premier exemple de réalisation.

Les moyens de commutation S4 sont constitués du combineur CD2 et des filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$ .

Dans ce deuxième exemple de réalisation il n'y a pas de moyens de commutation R permettant de reboucler sélectivement des liaisons  $LE_1, \dots, LE_N$  du multiplex à insérer MI sur des liaisons  $LS_1, \dots, LS_N$  du multiplex extrait MT.

Les autres composants de ce deuxième exemple de réalisation sont analogues à ceux du premier exemple de réalisation décrit précédemment.

Les moyens de commande MC2 accordent E filtres parmi les filtres  $F_1^E, \dots, F_N^E$  sur les E longueurs d'onde des porteuses à extraire. Le choix d'un filtre pour extraire une porteuse donnée est fonction de la liaison LS du multiplex extrait MT, vers laquelle le signal modulant cette porteuse doit être aiguillé. Les moyens de commande MC2 accordent en outre T filtres, parmi les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$ , respectivement sur les T longueurs d'onde des porteuses dont les signaux modulants doivent être aiguillés vers le multiplex sortant MS.

Il est tout à fait possible de sélectionner une même porteuse pour qu'elle soit extraite et transmise simultanément. Les filtres non utilisés, parmi les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  sont accordés sur une longueur d'onde dite de repos, qui est différente de toutes les longueurs d'onde  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  du multiplex entrant ME. Les moyens de commande MC2 accordent en outre I filtres parmi les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  sur I longueurs d'onde choisies parmi les longueurs d'onde  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$  du multiplex à insérer MI, pour que ces filtres transmettent I porteuses dont les signaux modulants sont à insérer sur le multiplex sortant MS. Les filtres non utilisés, parmi les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  sont accordés sur une longueur d'onde de repos, qui est différente de  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ .

Pour éviter toute collision entre un signal modulant une porteuse transmise et un signal modulant une porteuse à insérer, les moyens de commande MC2 commandent les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  et  $F_1^E, \dots, F_N^E$  de façon à interdire la transmission de deux porteuses simultanément vers un même régénérateur  $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_N^T - TX_N^T$ .

Considérons à titre d'exemple l'extraction du signal modulant d'une porteuse de longueur d'onde  $\lambda_1$  du multiplex d'entrée ME vers la liaison  $LS_4$  du multiplex extrait MT, et l'insertion du signal modulant d'une porteuse de longueur d'onde  $\lambda''_2$  du multiplex à insé-

rer MI sur une porteuse de longueur d'onde  $\lambda'_5$  dans le multiplex sortant MS. Les moyens de commandes MC2 accordent le filtre  $F_4^E$  sur la longueur d'onde  $\lambda_1$  de la porteuse à extraire. Ils accordent le filtre  $F_5^T$  sur la longueur  $\lambda'_5$ . Le coupleur passif CP5 achemine la porteuse de longueur d'onde  $\lambda'_5$  jusqu'au régénérateur  $RX_5^T - TX_5^T$  qui émet sur la longueur d'onde  $\lambda'_5$ .

La figure 5 représente le schéma synoptique d'un troisième exemple de réalisation. Celui-ci diffère du deuxième exemple de réalisation seulement par le fait que les moyens de couplage S2 et les moyens de conversions CL sont réalisés différemment. Les autres moyens sont analogues à ceux du deuxième exemple de réalisation. Ce troisième exemple de réalisation ne comporte pas de moyens R permettant de reboucler sélectivement les liaisons  $LE_1, \dots, LE_N$  sur les liaisons  $LS_1, \dots, LS_N$ .

Les coupleurs passifs  $CP_1, \dots, CP_N$  sont supprimés et remplacés par des liaisons directes entre les sorties de N filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$  sélectionnant T porteuses transmises, et les entrées de N régénérateurs  $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_N^T - TX_N^T$ . L'insertion de porteuses est réalisée au moyen d'un combineur C3 qui comporte 2N entrées, au lieu du combineur C2 qui ne comportaient que N entrées. Les entrées du combineur C3 numérotées 1 à N sont reliées respectivement aux sorties des N régénérateurs  $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_N^T - TX_N^T$ , et les entrées numérotées N+1 à 2N sont reliées respectivement aux sorties de N régénérateurs supplémentaires  $RX_1^I - TX_1^I, \dots, RX_N^I - TX_N^I$ . Ces régénérateurs supplémentaires comportent chacun une entrée reliée respectivement à la sortie d'un filtre accordable  $F_1^I, \dots, F_N^I$ , remplissant les mêmes fonctions que les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$  dans le deuxième exemple de réalisation. Les moyens de commutation S2 sont donc constitués, dans cet exemple, des filtres accordables  $F_1^T, \dots, F_N^T$  et  $F_1^I, \dots, F_N^I$ .

Des moyens de commande MC2 remplissent les mêmes fonctions que les moyens de commande MC2 dans le deuxième exemple de réalisation. Pour éviter toute collision entre un signal modulant une porteuse transmise et un signal modulant une porteuse à insérer, les moyens de commande MC2 commandent ces filtres en s'interdisant de sélectionner une porteuse par un filtre  $F_1^I$  si le filtre  $F_1^T$  sélectionne déjà une porteuse, et réciproquement.

Les émetteurs  $TX_1^I, \dots, TX_N^I$  sont accordés sur les longueurs d'onde  $\lambda''_1, \dots, \lambda''_N$ , respectivement, comme les émetteurs  $TX_1^T, \dots, TX_N^T$ . Au lieu d'accorder certains filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$ , respectivement  $F_1^I, \dots, F_N^I$ , sur une longueur d'onde de repos, il est possible d'éteindre les régénérateurs  $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_N^T - TX_N^T$ ;  $RX_1^I - TX_1^I, \dots, RX_N^I - TX_N^I$  correspondant.

La portée de l'invention n'est pas limitée au cas où le nombre de liaisons entrantes et le nombre de liaisons sortantes sont égaux à N. L'un ou l'autre, ou ces deux nombres peuvent être inférieurs à N dans



certaines applications.

D'autre part, les moyens de conversion de longueur d'onde peuvent être constitués de convertisseurs du type optique-optique, au lieu d'être des régénérateurs.

Le fait que les filtres  $F_1^T, \dots, F_N^T$ , et les filtres analogues dans les autres exemples de réalisation, soient accordables procure l'avantage de permettre une protection du multiplexeur contre la défaillance de l'un des composants de ce multiplexeur. Les moyens de commande peuvent alors faire un reroutage interne au multiplexeur pour éviter de faire passer l'une des porteuses par le composant défaillant. Naturellement la capacité de transmission de multiplexeur est alors réduite à  $N-1$  porteuses, mais il n'y a aucune perte d'information tant que la charge de données à transmettre n'est pas supérieure à la capacité de transport des  $N-1$  porteuses restantes.

Une modification simple des trois exemples de réalisations décrits précédemment permet de protéger un réseau contre une défaillance d'un multiplexeur. Il suffit de prévoir une porte optique placée en dérivation par rapport au multiplexeur, cette porte étant bloquante lorsque le multiplexeur fonctionne normalement et étant passante lorsque le multiplexeur est défaillant. Cette porte peut court-circuiter le multiplex d'entrée ME vers le multiplex de sortie MS, ou bien, dans un autre mode de réalisation, peut relier une sortie supplémentaire du diffuseur d'entrée, respectivement D1, D2, D'2, et une entrée supplémentaire du combineur de sortie, respectivement C1, C2, C3.

Pour protéger un réseau contre une défaillance de ligne, il est connu de donner à ce réseau la forme d'un double anneau.

La figure 6 illustre ce procédé connu de protection contre une défaillance d'une ligne de transmission. Dans cet exemple, quatre multiplexeurs à insertion-extraction, A, B, C, D sont reliés en réseau par un anneau dit normal AN1, AN2, AN3, AN4, et par un anneau dit de secours AS1, AS2, AS3, AS4. Dans cet exemple, les segments AN2 et AS2 sont interrompus par une panne ou un accident quelconque. Les données qui circulaient normalement sur l'anneau AN1, AN2, AN3, AN4 circulent désormais sur un anneau replié constitué par les segments AN1, AS1, AS4, AS3, AN3, AN4, grâce à deux rebouclages réalisés respectivement dans le multiplexeur D et dans le multiplexeur C, ces deux multiplexeurs encadrant les segments AN2 et AS2 où est située l'interruption de ligne. Le service est donc maintenu après une brève interruption nécessaire pour l'établissement de ces rebouclages.

La figure 7 représente une partie du schéma synoptique des multiplexeurs D et C pour montrer les composants supplémentaires utilisés pour réaliser les rebouclages. Les deux anneaux comportent éventuellement des amplificateurs qui ne sont pas repré-

sentés.

Le multiplexeur D comporte :

- un diviseur optique D4 ayant une entrée reliée au segment AN1 de l'anneau normal;
- un combineur C4 ayant une sortie reliée au segment AN2 de l'anneau normal, ce segment étant interrompu dans cet exemple;
- un commutateur optique I1 ayant 3 accès a, b, c, et une entrée de commande reliée aux moyens de commande du multiplexeur D, ces moyens de commande n'étant pas représentés;
- un commutateur optique I2 ayant trois accès d, e, f, et une entrée de commande reliée aux moyens de commande du multiplexeur D, non représentés.

Les pertes causées par les combineurs et les diviseurs sont inchangées sur l'anneau normal. Le bilan de la liaison n'est donc pas modifié sur l'anneau normal. Le multiplexeur selon l'invention présente donc l'avantage d'être entièrement compatible avec ce procédé connu de protection.

Le commutateur I1 se comporte comme un inverseur permettant d'établir une connexion optique : soit a-c, soit b-c. De même le commutateur I2 se comporte comme un inverseur permettant d'établir une connexion optique : soit d-e, soit d-f. L'accès a est relié à une entrée du diviseur D4. L'accès b est reliée au segment AS1 de l'anneau de secours. L'accès c est relié à l'accès d du commutateur I2. L'accès e est relié à une sortie du combineur C4. L'accès f est relié au segment AS2 de l'anneau de secours.

Le multiplexeur C comporte des composants homologues : un diviseur D5, un combineur C5, et deux commutateurs optiques I3 et I4. L'accès b du commutateur I3 est relié au segment AS2 qui est interrompu. L'accès f du commutateur I4 est relié au segment AS3. Une entrée du diviseur D5 est reliée au segment AN2 qui est interrompu. Une sortie du combineur C5 est reliée au segment AN3.

Lorsqu'il n'y a pas de défaillance de la ligne de transmission, le commutateur optique I1 et tous les commutateurs homologues établissent la connexion b-c; le commutateur optique I2 et tous les commutateurs homologues établissent la connexion d-f. Les segments AS1, AS2, AS3, AS4 constituent un anneau fermé sur lequel ne circule aucune donnée. Les segments AN1, AN2, AN3, AN4 constituent un anneau fermé sur lequel circulent les données.

Dans le cas d'une défaillance de la ligne entre les multiplexeurs D et C, comme représenté sur la figure 7, les moyens de commandes du multiplexeur D commandent le commutateur I1 pour maintenir la connexion b-c et commandent le commutateur I2 pour établir la connexion d-e au lieu de d-f. Ainsi le multiplex sortant du combineur C4, qui ne peut plus être acheminé par le segment AN2, est rerouté sur le segment AS1 via les commutateurs I1 et I2.



Symétriquement, les moyens de commande du multiplexeur C commandent le commutateur I3 pour établir la connexion a-c au lieu de b-c, et le commutateur I4 pour maintenir la connexion d-f.

### Revendications:

1/ Multiplexeur spectral optique à insertion-extraction, pour extraire un multiplex dit extrait (MT), d'un multiplex dit entrant (ME); et pour insérer un multiplex dit à insérer (MI) dans un multiplex dit sortant (MS), comportant:

- des moyens pour démultiplexer spectralement, susceptible de séparer N porteuses dans le multiplex entrant (ME), ce multiplex entrant comportant au plus N porteuses;

- des moyens pour multiplexer spectralement, susceptibles de multiplexer N porteuses et constituer ainsi un multiplex dit sortant (MS);

- des moyens pour coupler les moyens pour démultiplexer aux moyens pour multiplexer;

caractérisé en ce que les moyens pour démultiplexer spectralement et les moyens pour coupler comportent:

- un diffuseur optique (D1; D2; D2') recevant le multiplex entrant (ME) et le restituant sur au moins N sorties;

- au moins N filtres accordables ( $F_1^T, \dots, F_N^T$ ;  $F_1^T, \dots, F_N^T$ ;  $F_1^T, \dots, F_N^T$ ), couplés respectivement à N sorties du diffuseur pour sélectionner dans le multiplex entrant T porteuses dites transmises, le nombre T étant variable et au plus égal à N;

- des moyens (S1, MC) pour sélectionner, parmi au plus N porteuses démultiplexées, E porteuses dites extraites et constituer le multiplex extrait (MT), le nombre T étant variable et au plus égal à N;

- des moyens (S4) pour sélectionner, parmi des porteuses constituant le multiplex à insérer (MI), I porteuses dites à insérer, le nombre I étant variable et au plus égal à N;

- des moyens (S0, S2, CL, MC) pour fournir aux moyens pour multiplexer T nouvelles porteuses ayant respectivement T longueurs d'onde distinctes pouvant être choisies parmi N longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ ), et étant modulées respectivement par des signaux modulant les T porteuses transmises;

- des moyens (S4, S2, CL, MC) pour fournir aux moyens pour multiplexer I nouvelles porteuses optiques ayant respectivement I longueurs d'onde distinctes pouvant être choisies parmi les N longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ ), et distinctes des T longueurs d'onde choisies pour les signaux modulant les T porteuses transmises; ces I nouvelles porteuses étant

modulées par des signaux modulant les I porteuses à insérer.

2/ Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (S1, MC) pour sélectionner E porteuses extraites comportent des moyens ( $SW_1, \dots, SW_N$ ;  $F_1^E, \dots, F_N^E$ ;  $F_1^E, \dots, F_N^E$ ) permettant d'aiguiller chacune des porteuses du multiplex entrant (ME), à la fois vers le multiplex extrait (MT) et vers les moyens (S2, CL) pour fournir T nouvelles porteuses optiques.

3/ Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de commutation ( $R$ ;  $SW_1, \dots, SW_N$ ) permettant de sélectionner toute porteuse du multiplex à insérer (MI), et de la transmettre au multiplex sortant (MS).

4/ Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (S0, S2, CL, MC) pour fournir T nouvelles porteuses optiques aux moyens pour multiplexer (MS2), et les moyens (S4, S2, CL, MC) pour fournir I nouvelles porteuses optiques aux moyens pour multiplexer (MS2) comportent:

- des moyens de conversion communs ( $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_1^T - TX_1^T, \dots$ ) pour convertir au plus N longueurs d'onde;

- et des moyens de couplage communs ( $SW_1, \dots, SW_N$ ;  $CP_1, \dots, CP_N$ ) pour coupler, à ces moyens de conversion, les moyens ( $F_1^T, \dots, F_N^T$ ;  $F_1^T, \dots, F_N^T$ ) pour sélectionner T porteuses transmises, et les moyens ( $F_1^I, \dots, F_N^I$ ;  $F_1^I, \dots, F_N^I$ ) pour sélectionner I porteuses à insérer;

en ce que les moyens ( $F_1^I, \dots, F_N^I$ ;  $F_1^I, \dots, F_N^I$ ) pour sélectionner I porteuses à insérer collaborent avec les moyens de conversion communs ( $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_1^T - TX_1^T, \dots$ ) afin d'attribuer l'une des longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ ) à chacun des signaux modulant les porteuses à insérer;

et en ce que les N filtres ( $F_1^T, \dots, F_N^T$ ;  $F_1^T, \dots, F_N^T$ ) pour sélectionner T porteuses transmises collaborent avec les moyens de conversion communs ( $RX_1^T - TX_1^T, \dots, RX_1^T - TX_1^T, \dots$ ) afin d'attribuer l'une des longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1, \dots, \lambda'_N$ ) à chacun des signaux modulant les porteuses transmises.

5/ Multiplexeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que ces moyens de couplage communs comportent N commutateurs optiques ( $SW_1, \dots, SW_N$ ) à deux entrées et deux sorties, une première sortie (k) de chaque commutateur étant reliée à une entrée des moyens de conversion ( $RX_1^T - TX_1^T, \dots$ ), et une seconde sortie (j) étant reliée au multiplex extrait (MT).

6/ Multiplexeur selon la revendication 4, caractérisé en ce que ces moyens de couplage communs comportent N coupleurs passifs ( $CP_1, \dots, CP_N$ ) ayant chacun deux entrées et une sortie; les deux entrées étant reliées respectivement à une sortie des moyens ( $F_1^T, \dots, F_N^T$ ) pour sélectionner T porteuses transmises, et à une sortie des moyens ( $F_1^I, \dots, F_N^I$ ) pour sélectionner I porteuses à insérer.

7) Multiplexeur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (SO, S2, CL, MC) pour fournir T nouvelles porteuses aux moyens pour multiplexer (MS2) comportent :

- des premiers moyens de conversion ( $RX_1T$ - $TX_1T$ , ...) pour convertir les longueurs d'onde respectives d'au plus N porteuses transmises, vers les longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1$ , ...,  $\lambda'_N$ ), ayant des entrées reliées directement à des sorties des N filtres ( $F_1T$ , ...,  $F_NT$ ) pour sélectionner T porteuses transmises;
- et des moyens de commutation ( $F_1T$ , ...,  $F_NT$ ) collaborant avec les premiers moyens de conversion, afin d'attribuer l'une des longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1$ , ...,  $\lambda'_N$ ) à chacun des signaux modulant les porteuses transmises; et en ce que les moyens (S4, S2, CL, MC) pour fournir I nouvelles porteuses optiques aux moyens pour multiplexer (MS2) comportent :
  - des seconds moyens de conversion, ( $RX_1I$ - $TX_1I$ , ...), distincts des premiers, pour convertir les longueurs d'onde respectives d'au plus N porteuses à insérer, vers les longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1$ , ...,  $\lambda'_N$ ), ayant des entrées reliées directement à des sorties des moyens ( $F_1I$ , ...,  $F_NI$ ) pour sélectionner I porteuses à insérer;
  - et des moyens ( $F_1I$ , ...,  $F_NI$ ) de commutation collaborant avec les seconds moyens de conversion afin d'attribuer l'une des longueurs d'onde fixées ( $\lambda'_1$ , ...,  $\lambda'_N$ ) à chacun des signaux modulant portés par les porteuses à insérer.

8) Multiplexeur spectral optique à insertion-extraction, pour extraire un multiplex dit extrait (MT), d'un multiplex dit entrant (ME), et pour insérer un multiplex dit à insérer (MI) dans un multiplex dit sortant (MS), comportant :

- des moyens pour démultiplexer spectralement, susceptible de séparer N porteuses dans le multiplex entrant (ME), ce multiplex entrant comportant au plus N porteuses;
  - des moyens pour multiplexer spectralement, susceptibles de multiplexer N porteuses et constituer ainsi un multiplex dit sortant (MS);
  - des moyens pour coupler les moyens pour démultiplexer aux moyens pour multiplexer;
- caractérisé en ce que les moyens pour démultiplexer spectralement et les moyens pour coupler comportent :
- un diffuseur optique (D1) recevant le multiplex entrant (ME) et le restituant sur N sorties;
  - un premier ensemble de N filtres accordables ( $F_1T$ , ...,  $F_NT$ ) couplés respectivement aux N sorties du diffuseur pour sélectionner, dans le multiplex entrant, E porteuses dites extraites et T porteuses dites transmises; les nombres T et E étant variables et au plus égaux à N;
  - un second ensemble de N filtres accordables

( $F_1I$ , ...,  $F_NI$ ) pour sélectionner, parmi des porteuses constituant le multiplex à insérer (MI), I porteuses dites à insérer; le nombre I étant variable et au plus égal à N;

- N convertisseurs de longueur d'onde ( $RX_1T$ - $TX_1T$ , ...) pour fournir aux moyens pour multiplexer (C1) T nouvelles porteuses modulées respectivement par des signaux modulant les T porteuses transmises; et I nouvelles porteuses optiques modulées par des signaux modulant les I porteuses à insérer; ces N nouvelles porteuses ayant N longueurs d'onde distinctes ( $\lambda'_1$ , ...,  $\lambda'_N$ );
  - N commutateurs optiques ( $SW_1$ , ...,  $SW_N$ ) à deux entrées et deux sorties, ayant chacun :
    - une première entrée reliée respectivement à une sortie d'un filtre du premier ensemble ( $F_1T$ , ...,  $F_NT$ );
    - une seconde entrée reliée respectivement à une sortie d'un filtre du second ensemble ( $F_1I$ , ...,  $F_NI$ );
    - une première sortie reliée respectivement à l'entrée de l'un des convertisseurs de longueur d'onde ( $RX_1T$ - $TX_1T$ , ...);
    - et une seconde sortie fournissant une porteuse extraite, au multiplex extrait (ME);
- et en ce que les moyens pour multiplexer (C1) comportent un combineur optique à N entrées reliées respectivement aux sorties des N convertisseurs de longueur d'onde.

9) Multiplexeur spectral optique à insertion-extraction, pour extraire un multiplex dit extrait (MT), d'un multiplex dit entrant (ME), et pour insérer un multiplex dit à insérer (MI) dans un multiplex dit sortant (MS), comportant :

- des moyens pour démultiplexer spectralement, susceptible de séparer N porteuses dans le multiplex entrant (ME), ce multiplex entrant comportant au plus N porteuses;
  - des moyens pour multiplexer spectralement, susceptibles de multiplexer N porteuses et constituer ainsi un multiplex dit sortant (MS);
  - des moyens pour coupler les moyens pour démultiplexer aux moyens pour multiplexer;
- caractérisé en ce que les moyens pour démultiplexer spectralement et les moyens pour coupler comportent :
- un diffuseur optique (D2) recevant le multiplex entrant (ME) et le restituant sur N sorties;
  - un premier ensemble de N filtres accordables ( $F_1E$ , ...,  $F_NE$ ) couplés respectivement aux N sorties du diffuseur pour sélectionner, dans le multiplex entrant, E porteuses dites extraites;
  - un deuxième ensemble de N filtres accordables ( $F_1T$ , ...,  $F_NT$ ) couplés respectivement aux N sorties du diffuseur pour sélectionner dans le multiplex entrant, T porteuses dites transmises;

- un troisième ensemble de N filtres accordables ( $F_1'$ , ...,  $F_N'$ ) pour sélectionner, parmi des porteuses constituant le multiplex à insérer (MI), I porteuses dites à insérer; le nombre I étant variable et au plus égal à N;
  - N coupleurs passifs ( $CP_1$ , ...,  $CP_N$ ) ayant chacun deux entrées et une sortie; les deux entrées étant reliées respectivement à la sortie d'un filtre du premier ensemble ( $F_1^T$ , ...,  $F_N^T$ ) et à la sortie d'un filtre du troisième ensemble ( $F_1'$ , ...,  $F_N'$ );
  - N convertisseurs de longueur d'onde ( $RX_1^T$  -  $TX_1^T$ , ...) pour fournir aux moyens pour multiplexer (C2) T + I nouvelles porteuses modulées respectivement par des signaux modulant les T porteuses transmises et les I porteuses à insérer, la somme T+I étant au plus égale à N;
- et en ce que les moyens pour multiplexer (C2) comportent un combineur optique à N entrées reliées respectivement aux sorties de N convertisseurs de longueur d'onde.

10) Multiplexeur spectral optique à insertion-extraction, pour extraire un multiplex dit extrait (MT), d'un multiplex dit entrant (ME), et pour insérer un multiplex dit à insérer (MI) dans un multiplex dit sortant (MS), comportant:

- des moyens pour démultiplexer spectralement, susceptible de séparer N porteuses dans le multiplex entrant (ME), ce multiplex entrant comportant au plus N porteuses;
  - des moyens pour multiplexer spectralement, susceptibles de multiplexer N porteuses et constituer ainsi un multiplex dit sortant (MS);
  - des moyens pour coupler les moyens pour démultiplexer aux moyens pour multiplexer;
- caractérisé en ce que les moyens pour démultiplexer spectralement et les moyens pour coupler comportent:

- un diffuseur optique (D2') recevant le multiplex entrant (ME) et le restituant sur N sorties;
- un premier ensemble de N filtres accordables ( $F_1^T$ , ...,  $F_N^T$ ) couplés respectivement aux N sorties du diffuseur pour sélectionner dans le multiplex entrant E porteuses dites extraites; et pour sélectionner T porteuses dites transmises; les nombres T et E étant variables et au plus égaux à N;
- un deuxième ensemble de N filtres accordables ( $F_1^T$ , ...,  $F_N^T$ ) couplés respectivement aux N sorties du diffuseur pour sélectionner dans le multiplex entrant, T porteuses dites transmises;
- un troisième ensemble de N filtres accordables ( $F_1'$ , ...,  $F_N'$ ) pour sélectionner, parmi des porteuses constituant le multiplex à insérer (MI), I porteuses dites à insérer, le nombre I étant variable et au plus égal à N;
- N convertisseurs de longueur d'onde ( $RX_1^T$  -

$TX_1^T$ , ...) ayant chacun une entrée reliée respectivement à une sortie d'un filtre du premier ensemble ( $F_1^T$ , ...,  $F_N^T$ ), pour fournir aux moyens pour multiplexer (C3) T nouvelles porteuses modulées respectivement par des signaux modulant les T porteuses transmises;

- N convertisseurs de longueur d'onde ( $RX_{N+1}^T$  -  $TX_{N+1}^T$ , ...) pour fournir aux moyens pour multiplexer (C3) I nouvelles porteuses modulées respectivement par des signaux modulant les I porteuses à insérer;

et en ce que les moyens pour multiplexer (C3) comportent un combineur optique à 2N entrées reliées respectivement aux sorties des 2N convertisseurs de longueur d'onde.

FIG.1

ART ANTERIEUR

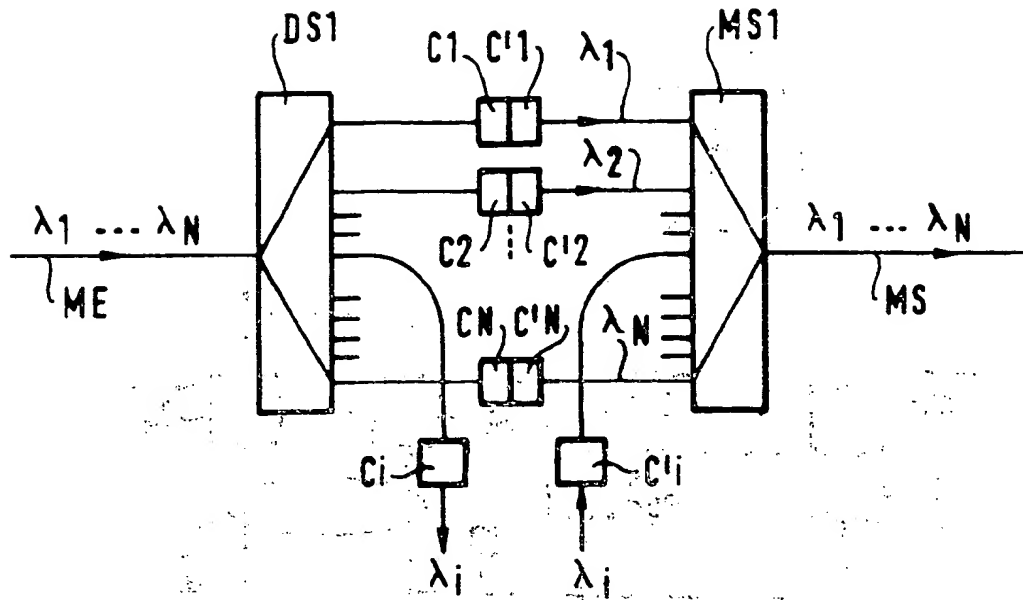
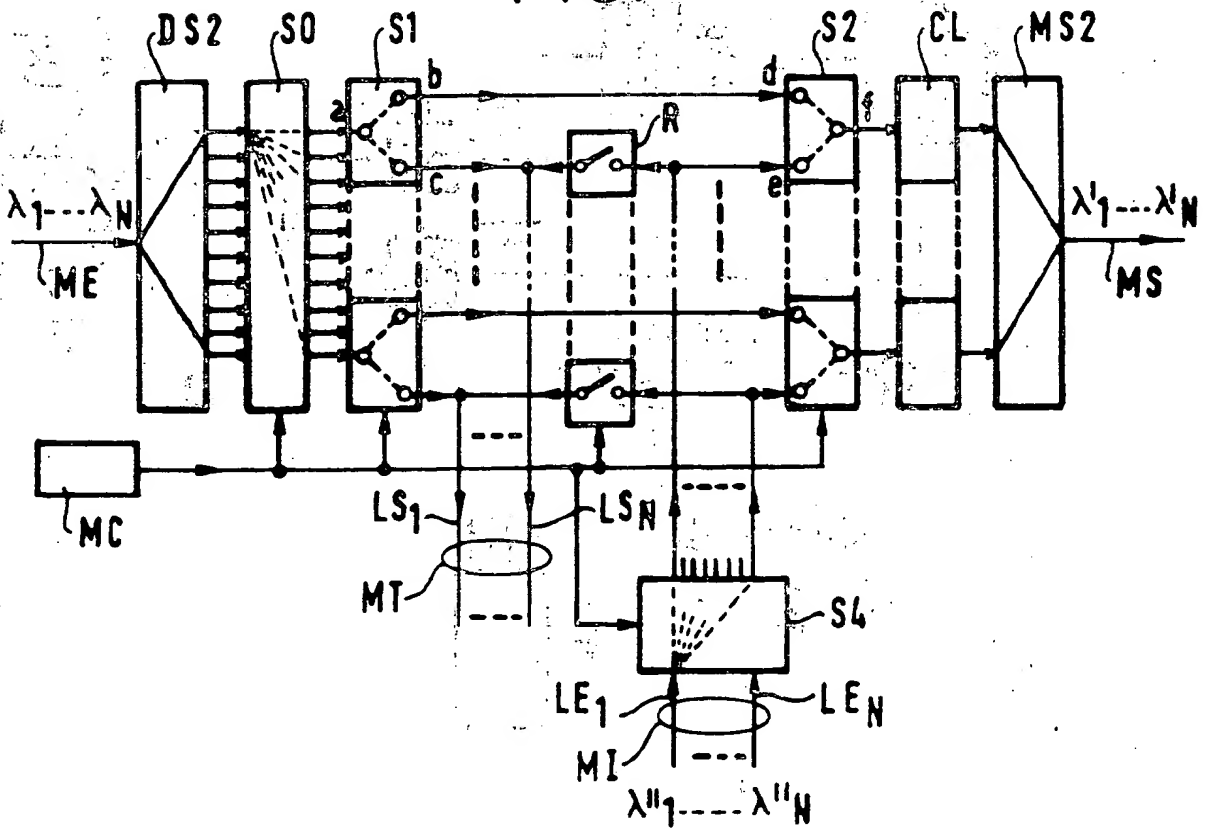


FIG. 2



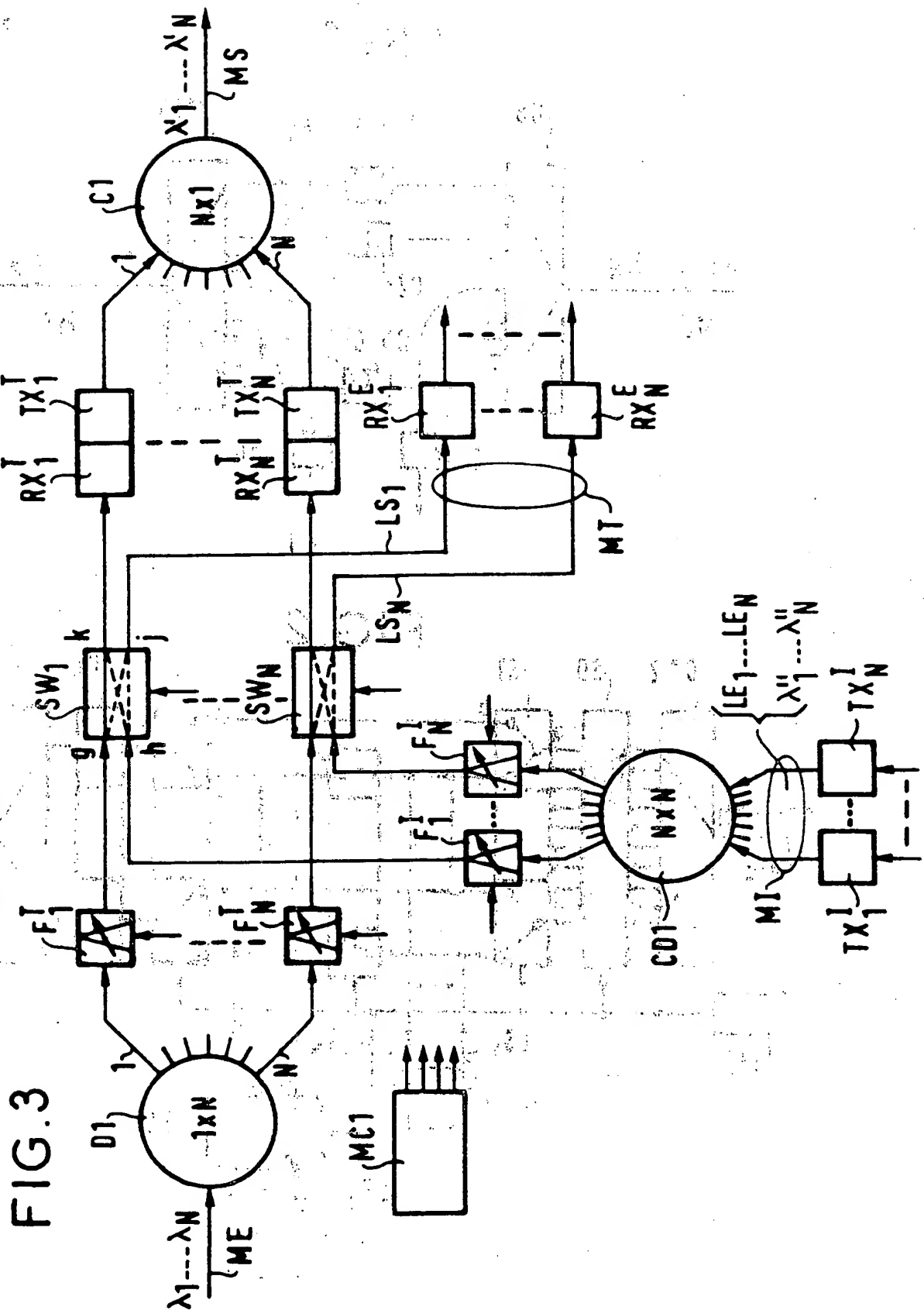
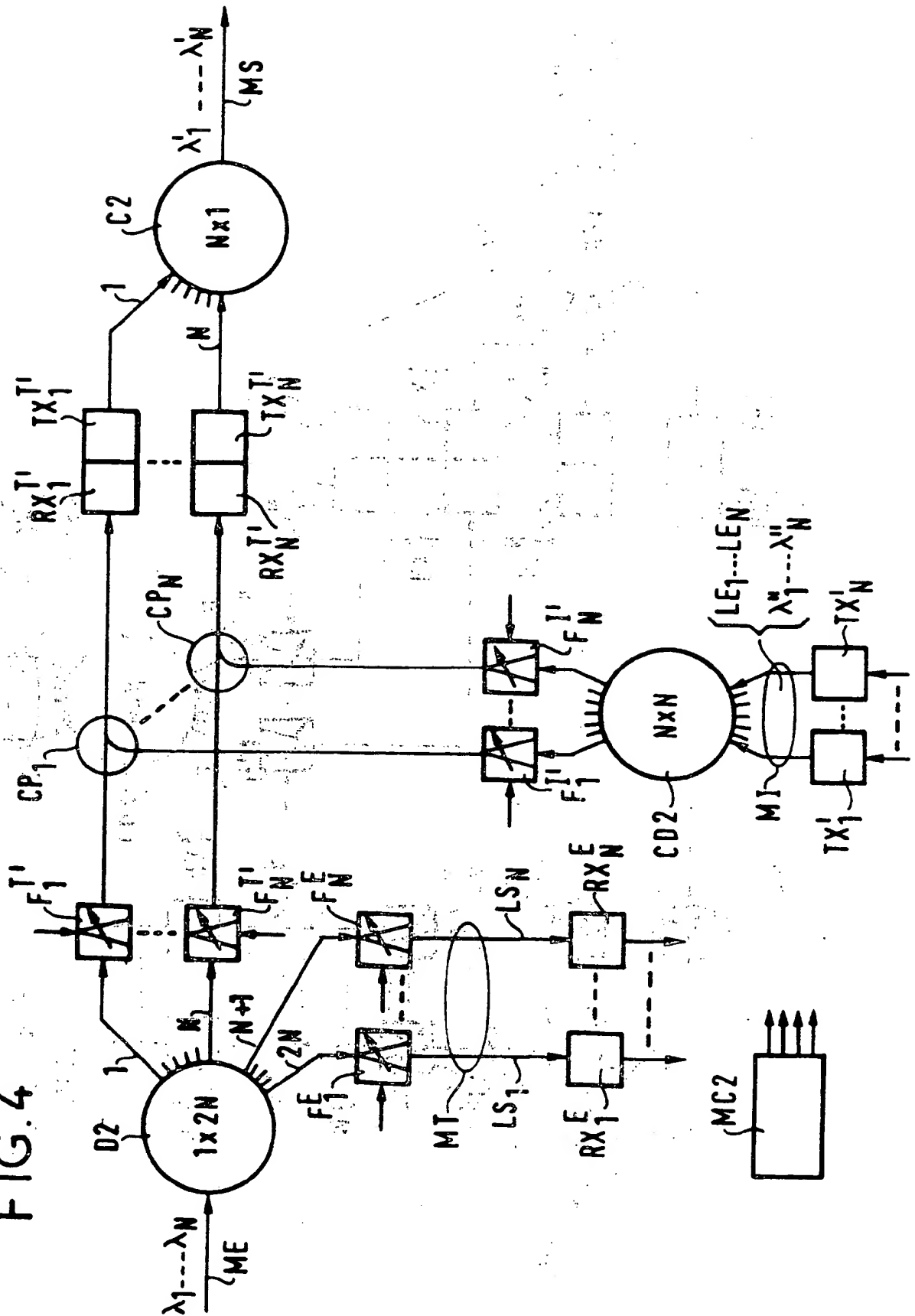


FIG. 4



565

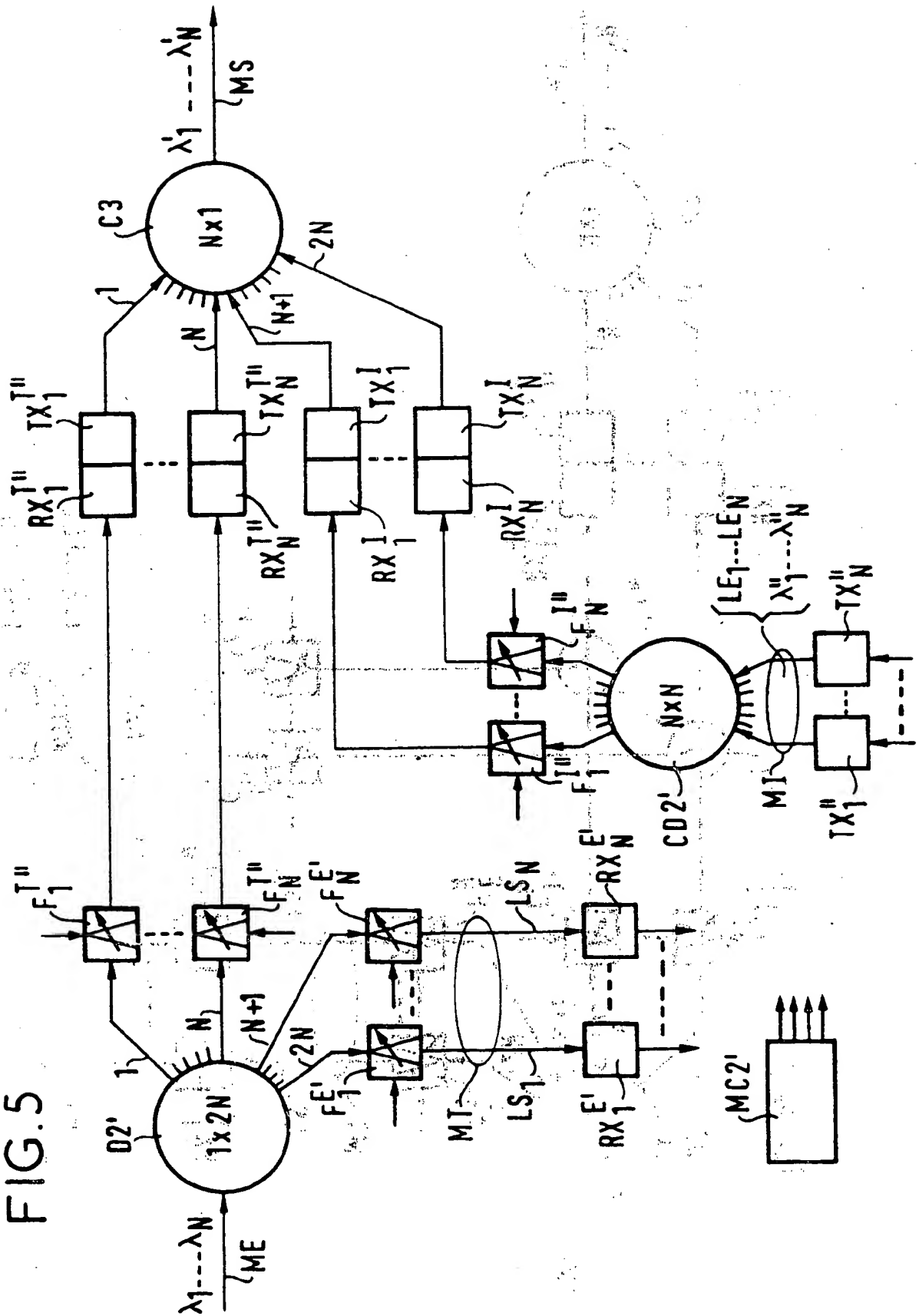




FIG. 6

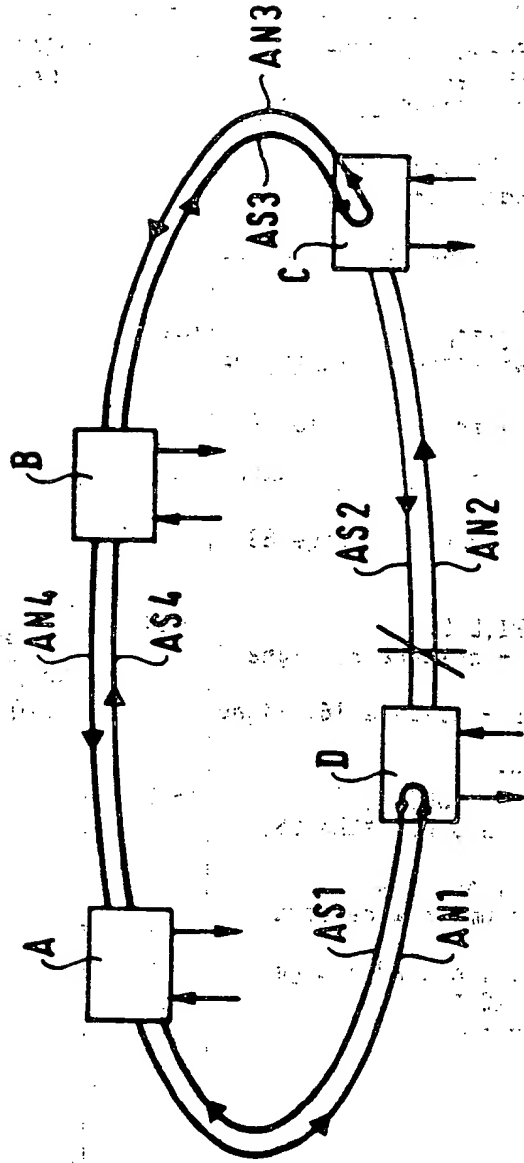
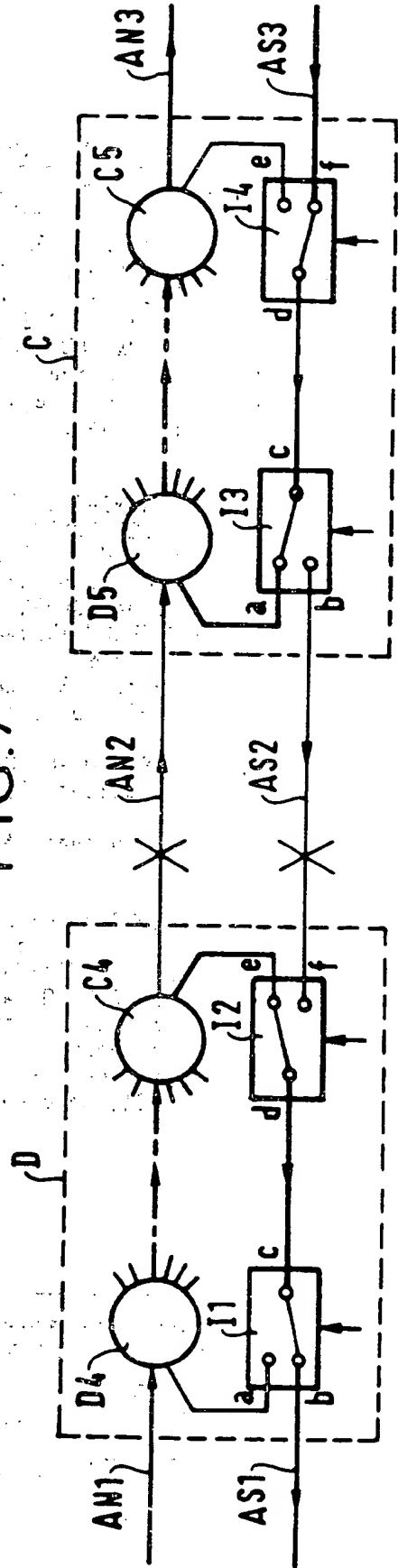


FIG. 7





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 95 40 1277

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CL.6)
Y	PROCEEDINGS IEEE CONFERENCE ON COMPUTER COMMUNICATIONS INFOCOMM '93., vol. 1, 28 Mars 1993 SAN FRANCISCO (US), pages 578-585, KUON-CHUN LEE ET AL. 'Routing and switching in a wavelength convertible optical network.' * page 579, colonne 1, ligne 10 - ligne 25 *	1-4,7	H04J14/02 H04Q11/00
Y	TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF ELECTRONICS AND COMMUNICATION ENGINEERS OF JAPAN, SECTION E, vol. e74, no. 1, 1 Janvier 1991 TOKYO JP, pages 84-91, MINORU AKIYAMA ET AL. 'Photonic switching system' * page 87, colonne 2, ligne 12 - page 88, colonne 1, ligne 34 *	1-4,7	
A	EP-A-0 488 241 (HITACHI,LTD) * colonne 3, ligne 28 - colonne 5, ligne 7 * * colonne 14, ligne 39 - colonne 16, ligne 27 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6) H04J H04Q
A	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, vol. 11, no. 5/6, Mai 1993 NEW YORK US, pages 714-732, STEPHEN B. ALEXANDER ET AL. 'A precompetitive consortium on wide-band all-optical networks' * page 719, colonne 1, ligne 22 - page 721, colonne 1, ligne 20 *	1-10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20 Septembre 1995	Examineur Van den Berg, J.G.J.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire			

EPO FORM 1503 (11.92) (P04/C02)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**